美国科赫研究所开展融合科学的实践与启示

陈 捷　肖小溪*
中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190

摘要 当今世界，“融合科学”新范式为人类解决重大经济社会问题提供了机遇与挑战。机构层面如何推动“融合科学”及其要求的数据开放共享，是当前科技界共同关注的问题。美国麻省理工学院最早提出了“融合科学”新范式，也是最早以该新范式建立专门研究机构的典型。文章以美国麻省理工学院从事“融合科学”的科赫研究所（Koch Institute）为案例，归纳分析该研究所在推动数据公开和共享方面的制度安排，以及与推动“融合科学”相关的设施和工作环境、人才培养、经费投入、科研项目设置等机制建设，以期为机构层面落实“融合科学”新范式及数据开放共享提供借鉴。

关键词 融合科学，数据共享，科赫研究所

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20191223004

2011 年，美国麻省理工学院发布有关“融合科学”的白皮书，首次明确提出，生命科学、物理学和工程学的“融合”代表着生命科学研究第三次重大变革；但“融合”产生的影响不止于生命科学领域，也将推动健康、能源、食品、气候和水资源等诸多行业的发展和变革[1]。此前一年，麻省理工学院专门成立了以“融合科学”新范式为主导的戴维德 · H · 科赫整合癌症研究所（David H. Koch Institute for Integrative Cancer Research）[2]，以下简称为“科赫研究所”（Koch Institute）。该研究所聚集了以诺贝尔生理学或医学奖得主Phillip Sharp教授为首的一批推崇“融合科学”新范式的顶尖学者；通过在科研组织和管理方面的新机制与“融合科学”新范式相配合，在解决癌症相关的重大问题中取得了一系列重要进展。其中，该研究所的数据开放与共享机制，不仅是美国生命医学领域相关政策的缩影，更在体现“融合科学”新范式所要求的数据开放和共享方面具有鲜明特色。该研究所成为美国乃至全球实践“融合科学”新范式的高

*通讯作者
资助项目：中国科学院战略研究专项（GHJ-ZLZX-2019-32-2），国家自然科学基金项目（71804176），中国科学院科技战略咨询研究院青年基金项目（Y9X1761Q01）
修改稿收到日期：2019年12月31日

地。因此，本文以科赫研究所为案例，对其推动“融合科学”及其数据开放共享方面的制度安排进行分析和研究，从而对我国机构层面推动相关机制建设提供借鉴。

1 科赫研究所简介

科赫研究所正式成立于2010年[2]。成立伊始，该研究所便确立了通过多学科交叉融合的方式改进癌症检测、治疗和预防手段并最终根除癌症的目标，以解决人类健康面临的紧迫挑战。该研究所的前身是麻省理工学院癌症研究中心。原癌症研究中心的科研人员共29名，约占科赫研究所现科研人员总数的1/2；这些人员在研究所的集中办公大楼工作，属于所内科研人员（intramural faculty）。研究所另外约30名科研人员属于所外科研人员（extramural faculty），主要分散在麻省理工学院其他院系；这些人员认同科赫研究所的愿景及其目标，通过承担研究所的外拨科研项目来与所内科研人员开展合作。所内科研人员和所外科研人员的专业背景主要覆盖了生物学、化学、机械学、材料学、计算机科学、临床医学等。目前，该研究所的科研人员（包含所内和所外两部分）中有5位诺贝尔奖获得者、8位美国国家科技创新奖章获得者、9位美国国家工程院院士、20位美国国家科学院院士、15位美国国家医学院院士、9位美国霍华德·休斯医学研究所研究员。此外，该研究所还通过网络化机制紧密联系来自学术界、临床界和产业界的1 000余名合作者，涉及全球50多个机构。

目前，科赫研究所聚焦于癌症前沿研究，主要包括五大研究主题：发展基于纳米技术的癌症治疗，研发新的癌症检测和监测设备，探索癌症转移的分子和细胞基础，通过分析癌症途径和耐药性推进个性化医疗，以及设计免疫系统对抗癌症。每个研究主题都代表着当前癌症研究中面临的重大挑战，一般由研究人员、学生和技术支撑人员组成的跨学科团队来合作攻关，还包括与临床中心和行业的合作。目前，该研究所的学术委员会有9位成员，其中：1位来自哈佛大学波士顿儿童医院，3位来自冷泉港实验室等科研机构，5位来自美国哥伦比亚大学、德克萨斯大学奥斯汀分校、俄勒冈健康与科学大学、斯坦福大学、北卡罗来纳大学教堂山分校等大学。

2 数据开放共享机制

科赫研究所通过数据开放共享将基础研究、技术创造、临床试验等活动有机整合起来，利用在空间位置上的优势集聚一批优秀的科学家，使科研活动各节点的数据流通起来。这在一定程度上做到了美国战略专家罗杰·盖格所说的“无缝对接”。利用集聚效应，科学家、工程师和医生进行高水平交互，极大地促进了研究所解决癌症领域重大问题的能力。

2.1 研究所层面

在研究所层面大力倡导数据开放共享的文化，并通过一系列机制建设激励和引导科研人员在研究所层面与外部科技界进行数据开放共享。

（1）资源共享方面。研究所为所有研究者提供了14个共享的仪器设施，这些共享的仪器设施分布在研究所下设的Swanson生物技术中心[2,3]；并围绕这些仪器设施为研究人员、学生和博士后提供基础支撑服务、技术和咨询服务，以及培训计划等，使其能够获得所需的技术与知识技能，助力其研究和职业生涯。这些设施的购买和运行成本主要由美国国立卫生研究院（NIH）下属的癌症研究所（NCI）和美国Swanson生物制药公司共同提供，并且遵循NIH有关材料、设备等的资源共享政策要求。除本研究所人员外，NCI资助的研究项目和其他有贡献的用户均可优先使用这些仪器设备。在设备运力允许的范围内，麻省理工学院其他院系的研究人员也可申请使用。

（2）数据开放方面。研究所在患者知情同意的前提下，在尊重数据（特别是个人健康数据）隐秘

性的基础上，鼓励患者、科学家、医生和工程师之间进行数据共享。例如，2007 年在研究所开展的一项研究中，一名志愿者参加了该项目的核磁共振扫描（MRI）。出于好奇，该志愿者主动要求对自己大脑进行扫描，结果意外得知自己大脑嗅觉中心附近有异常状况。该志愿者于是主动要求并最终获取了自己的 MRI 原始数据以及之后的脑癌手术过程录像。在成功治愈脑癌后，他主动公开个人基因组数据、原始健康数据，并与医学领域、材料领域的科学家、工程技术专家共享。经过科学家的协作，最终促成了肿瘤、大脑和外科修复头骨的数字和三维打印模型的构建[4]。这个成功案例成为研究所通过数据开放共享和“融合科学”新范式解决实际问题的典型案例。

*（3）举办讲座与研讨。*近年来，研究所举办多次有关“开放科学”和“开放数据”的公开讲座或研讨活动，推动研究所层面数据开放共享的文化建设。例如，每年 4 月份，科赫研究所都要举办一次有关“开放科学”和“开放数据”的公众活动，事实上这也是麻省理工学院的惯例。2015 年 4月，该公众活动是举办了一场题为“开放数据、开放思维”的公开讲座；2016 年 4 月，该公众活动是举办了一场题为“打开大门、开放思维”的公开实验室活动，来自麻省理工学院不同院系的 16 个实验室参与其中。此外，研究所围绕癌症研究，邀请来自不同大学或研究所的研究人员，持续举办多个跨学科研讨会，如精确癌症医学研讨会、免疫工程研讨会、利帕德纪念讲座、With-In-Sight 系列讲座、研究所夏季研讨会等。这些研讨会的重要报告均以视频形式在研究所官网公开。

2.2 资助方的强制性要求

作为科赫研究所最重要的资助方，NIH 及其下属的 NCI 对科赫研究所明确提出有关数据开放共享的强制性政策要求。科赫研究所作为 NCI 的资助机构，必须遵守这项规定。

作为美国最重要的国家级生物医学领域科研资助机构，NIH 早在 2003 年便发布《研究数据共享的最终声明》，鼓励材料、设备、出版物和研究数据等资源的开放和共享。2008 年以来，NIH 强制性要求，在符合版权法的范围内，所有由 NIH 资助产生的同行评议文章必须在出版后 12 个月内提交到美国国家医学图书馆的 PubMed Central 网站以供公众获取[5]。科赫研究所也在官网提供了 PubMed Central 链接，以方便科研人员及时提交论文。目前，NIH 共有 17 项数据共享相关政策，涉及 NIH 及其下属研究所、部门和项目等不同级别[6]。NIH 最新版的《数据共享政策和实施指南》中将各项目类别中年度预算（直接成本）超过 50 万美元的大型资助项目申请单列出来，并规定此类项目须公开共享项目数据，以及在项目申请阶段应根据数据共享政策的要求制定《数据共享计划》[7]。NIH 对各项目制定的《数据共享计划》中有关数据共享的内容、类型、存储地点、时间节点、出版、数据获取的合法性和是否符合伦理、研究者查询以及获取数据方式等做了具体要求。

NIH 还对生命科学研究中的大量资源型数据提出了开放共享政策。例如，在基因组数据方面，早在 2007 年 NIH 就通过美国国家生物信息中心（NCBI）的基因型和表型数据库（dbGaP）管理生物医学研究人员对人类基因组数据的提交和 2 种类型的访问[8]：开放获取（open access）级别，没有任何限制；受控访问（controlled-access）级别，其数据仅能用于原始研究中参与者同意的研究目的。2014 年 NIH 更新了有关基因组数据开放共享的政策[9]，要求 NIH 资助产生的所有含有人类基因组数据的研究都应在 dbGaP 中注册，并将数据提交给 NIH 指定的数据存储库。再如，在自闭症患者数据方面，NIH 要求其资助产生的所有涉及人类的自闭症相关研究数据都应提交给美国国家自闭症研究数据库（NDAR），并附上适当的支持文件，以便此后有效地利用这些数据。此外，NIH 还建立创伤性脑损伤研究数据库、青年糖尿病数据库、

临床试验网络数据共享网、人类免疫学项目联盟数据共享网、美国阿尔茨海默病细胞库、临床试验和流行病学研究数据共享库等多个不同主题的数据开放共享库[6]。

2.3 统一的开放共享平台

科赫研究所在资助机构，如NIH和英国惠康基金会（Wellcome Trust）等的推动下，借助美国兴起的跨学科跨界开放共享平台——ORCID①，加入到全美乃至全世界的数据开放共享之中。ORCID缘起于10年前美国国家科学基金会资助的一个研究项目，该项目结束后形成了一个专门致力于推动科研数据开放共享的平台，由一家非营利机构运行。该平台的初衷是为研究者提供一个独一无二的身份标识（identifier），以便研究者在项目资助、项目执行、成果提交、同行评议、学术研讨等全方位科研活动中进行身份识别，从而将研究者所有的科研活动以及相关数据、信息进行连接。ORCID的身份标识（ID）具有唯一性，可以避免混淆不同研究人员的成果。通过注册ORCID上的ID，研究人员可关联自己以往的出版物、数据集、与研究机构的隶属关系及资金支持等信息。麻省理工学院及科赫研究所是该平台最早的一批机构用户，通过该平台连接科研管理系统、基金管理系统、机构知识库、投审稿系统、数据平台等，实现相关数据的自动推送与无缝连接。

ORCID平台目前已获得了美国NIH、美国医疗保健研究与质量局（AHRQ）和美国疾病预防控制中心（CDC）等联邦机构[10]以及维康基金会（Wellcome Trust）等慈善资助机构②的大力支持。这些资助机构都一致要求申请者在提交资助申请时提供其在ORCID平台上的身份ID。资助机构可通过该身份ID与资助系统进行连接，直接获取申请者以往的科研成果和履历，从而简化申请资料填报；同时，也可以通过该平台更有效地寻找同行评审人员和潜在合作者。此外，ORCID平台也得到了大约7 000多种期刊的推荐或强制性使用要求。

3 推动融合科学的其他举措

科赫研究所在设施与工作环境、人才培养、经费投入、科研项目设置[2]等方面均与传统的科研机构有所不同。这些不同与上述的数据开放共享政策共同构成了该研究所在癌症研究重大问题研究中的“融合”机制。

（1）*设施与工作环境方面*。该研究所为不同专业背景的成员精心设计了一个有利于交叉融合的办公环境。这些不同学科背景的研究者集中在一栋办公楼工作，且该建筑楼的平面规划（无论是实验室的安置，还是公共讨论区的设立）都是经过深思熟虑，以便为不同研究者之间的正式合作以及非正式交流提供便利。每个研究楼层都设有生物科学与工程实验室、公共区域（如浴室和电梯），且都设置在一个环绕楼层的跑道走廊。不同领域研究人员在空间位置上的相互接近以及办公楼中存在很多便于偶然相遇的空间，均可增加他们之间交流与合作的机会，并影响诸如研究问题、论文撰写等方面的产出。与那些处于不同地理位置与空间的研究中心的人员相比，处于同一地点的研究中心、未被分割的办公室和实验室中的科研人员，更容易产生融合的创新成果[11]。

（2）*人才培养和教育方面*。该研究所要求所有人员既要在特定学科范畴内具备扎实的知识和技能，又要在学科交叉融合研究方面接受完善的教育和培训。例如，科赫研究所鼓励研究生选修不同的专业课程和参与不同的研究项目（如，主修机械工程学的博士可以辅修合成生物学）。再如，由印度Biocon生物技术公司资助的Mazumdar Shaw国际肿瘤学研究人员双

① https://orcid.org/about/what-is-orcid/mission.
② https://wellcome.ac.uk/funding/open-researcher-and-contributor-id-orcid.

边合作项目。该项目以印度的癌症研究培训为基础，为博士后、工程师和医生提供了在生物学、医学、数学、工程学、计算机科学、物理学和化学不同领域的工作和学习机会。经过2年的培训，这些研究人员将返回印度，帮助印度启动癌症研究项目。同时，作为该项目的一部分，麻省理工学院的教员们也前往印度与当地科学家进行交流[2]。

（3）经费来源方面。该研究所依托联邦政府和企业资金的共同支持，并通过合作研究与企业界建立起伙伴关系。①来自政府机构的资助。NIH作为主要的资助方，主要通过其下属的NCI为科赫研究所提供建设和运行资金，以及科研项目资金。具体来看，科赫研究所受益于NCI在全美范围内遴选并资助的12个肿瘤研究中心之一的经费。隶属于科赫研究所的肿瘤研究中心是由美国麻省理工学院、哈佛大学、加州大学旧金山分校、哈佛医学院、波士顿学院、布列根和妇女医院（Brigham and Women's Hospital）以及荷兰Hubrecht研究所合作成立。此外，科赫研究所也是MIT-Harvard癌症纳米技术卓越中心的重要组成（其他成员还包括美国哈佛医学院、麻省总医院、布列根和妇女医院），而该中心是NCI资助的8个癌症纳米技术卓越中心之一。与此同时，2010年以来，科赫研究所还参加了NCI的癌症生物学整合项目（Integrative Cancer Biology Program）。无论是对研究所的资助还是对项目的资助，美国联邦政府基础研究经费均是科赫研究所研究人员的主要经费来源。②来自企业的资助。企业作为用户方和参与者，通过合作研究等方式提供研究资金的支持。例如，科赫研究所与Ortho-McNeil-Janssen医药有限公司建立起伙伴关系，双方最初的5年合作协议主要致力于推动癌症诊断、癌变前生物学、癌症疾病基因模型和肿瘤微观环境等方面的肿瘤学研究以及相关技术开发。一个由双方研究人员共同组成的科学顾问委员会负责对科赫研究所研究人员提交的申请书进行评议和筛选。此外，该协议中还允许Ortho-McNeil-Janssen医药公司的研究人员在科赫研究所的实验室里担任访问学者并参与研究项目③。

（4）科研项目设置方面。科赫研究所还专门设立了一个前沿研究项目，其目的是支持该研究所的研究人员开展那些前沿的、探索性强、需要深度合作的研究。这类研究往往由于其风险过高而难以通过美国联邦经费（如NCI经费）的评议机制，但是科赫研究所认可其对于解决健康相关重大问题的重要性。目前，该研究所主要通过外部捐赠的方式来吸纳资金，用于支持此类前沿研究项目[2]。

4 启示

当今时代，科研已经进入“融合科学”和数据开放共享的新时代。数据开放共享对形成良好的融合科学氛围、促进社会协作和解决人类社会面临的重大问题等具有尤其重要的基础支撑作用。科赫研究所在基于个体遗传信息的精准癌症研究中探索了一条融合路径，值得我们借鉴。

（1）“融合科学”将带来科研管理的深刻变革，政府应当在顶层机制上进行前瞻性设计和统一部署。这些顶层机制应涉及机构设立、经费投入、项目设置、数据共享、人才培养等多个方面。这意味着政府相关部门应建立起联动机制，共同推动科研管理机制朝着符合“融合科学”特点的方向发展和完善。

（2）建议在我国现行科技体制下，率先建立若干类似于科赫研究所的新型科研机构作为“融合科学”的试点机构。这类新设机构要打破传统按学科设置机构的方式，按照任务导向凝聚不同学科背景、不同从业经历的人员，既可以在科研机构（如中国科学院下

③ http://news.mit.edu/2010/koch-ortho-mcneil-janssen.

属研究所）、大学内部，基于已有学科优势进行凝聚和设立，也可以在现有科研机构布局之外按照任务目标新设。在这些新设机构内，试点与“融合科学”特点相符合的人事制度、财务制度和数据开放共享制度，为后续进一步扩大试点积累经验。

（3）改革完善政府科技计划（科学基金）的资助方式，逐步推进适应“融合科学”发展的资助体系。世界上主要国家的政府资助机构已纷纷建立与“融合科学”相适应的资助模式，并在推动数据开放共享方面发挥主导作用。在我国，传统的分学科资助方式已经在科技界根深蒂固，转变科研人员的观念也需要一定时间，科研项目资助机构的系统平台也需要围绕“融合科学”项目的资助和管理进行较大幅度的调整和优化。为此，国家层面应给出未来科研资助机制发展改革的路线图，逐步推动符合“融合科学”特点的资助机制建设。

参考文献

1 MIT. The Third Revolution: the Convergence of the Life Sciences, Physical Sciences and Engineering (White Paper). Washington DC: MIT Office. 2011.

2 Koch Institute. Koch Institute for Intergrative Cancer Research at MIT—Approach. [2019-12-18]. https://ki.mit.edu/approach.

3 Koch Institute. Jacks T.Convergence, Cancer Research and the Koch Institute Experience at MIT—Workshop on Science Team Dynamics and Effectiveness. [2019-12-18]. http://www.tvworldwide.com/events/nas/130701.

4 Leonardi K. Cerebral curiosity. [2019-12-18]. http://news.mit.edu/2015/student-profile-steven-keating-0401.

5 NIH. NIH Public Access Policy Details. [2019-12-18]. http://publicaccess.nih.gov/policy.htm.

6 NIH. NIH Data Sharing Policies. [2019-12-18]. https://www.nlm.nih.gov/NIHbmic/nih_data_sharing_policies.html.

7 NIH. NIH Data Sharing Policy and Implementation Guidance. [2019-12-18].https://grants.nih.gov/grants/policy/data_sharing/data_sharing_guidance.htm.

8 NIH. Policy for Sharing of Data Obtained in NIH Supported or Conducted Genome-Wide Association Studies (GWAS). [2019-12-18]. https://grants.nih.gov/grants/guide/notice-files/NOT-OD-07-088.html.

9 NIH. Implementation of the NIH Genomic Data Sharing Policy for NIH Grant Applications and Awards. [2019-12-18]. https://grants.nih.gov/grants/guide/notice-files/NOT-OD-14-111.html.

10 NIH. Requirement for ORCID IDs for Individuals Supported by Research Training, Fellowship, Research Education, and Career Development Awards Beginning in FY 2020. [2019-12-18]. https://grants.nih.gov/grants/guide/notice-files/NOT-OD-19-109.html.

11 Toker U, Gray D O. Innovation spaces: Workspace planning and innovation in U.S. university research centers. Research Policy, 2008, 37: 309-329.

Practice and Enlightenment of Convergent Science Carried out by Koch Institute of Massachusetts Institute of Technology

CHEN Jie XIAO Xiaoxi*

(Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

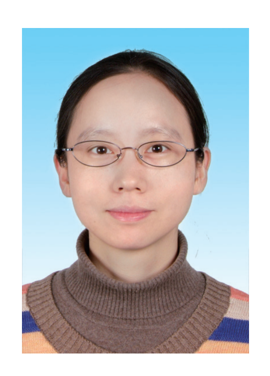
Abstract Nowadays, convergent scientific research paradigm provides opportunities and challenges to solve major economic and social problems. Promoting convergent science and its required data sharing at the institutional level is a common concern of the scientific and technological circles. Massachusetts Institute of Technology (MIT) is the originator of convergent science, and also established a specialized agency with this new paradigm. In this study, the Koch Institute, which is engaged in convergent science in MIT, is taken as an example to summarize and analyze arrangement of the institute in promoting data sharing, facilities and working environment, training, funding, scientific research project setting related to convergent science. As a conclusion it provides reference for the implementation of convergent science and data sharing at the institutional level.

Keywords convergent science, data sharing, Koch Institute



陈 捷 中国科学院科技战略咨询研究院第三方评估研究支撑中心助理研究员。2016年毕业于中国科学院大学，获得植物学博士学位。主要研究领域：科技管理、科技评价。E-mail: chenjie@casisd.cn

CHEN Jie Research Associate of Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS). Received B.S. degree of grape and wine engineering from China Agricultural University, Beijing, China, and Ph.D. degree from University of Chinese Academy of Sciences. Her current research interests include scientific evaluation, science and technology management. E-mail: chenjie@casisd.cn



肖小溪 中国科学院科技战略咨询研究院助理研究员。主要研究领域：科技管理与评价。2014年毕业于中国科学院大学，获得管理科学与工程专业博士学位。近年来主要承担来自中国科学院、国家自然科学基金委员会等的科研课题，围绕科技评价、科技政策等主题在国内核心期刊发表学术论文10余篇。E-mail: xiaoxiaoxi@casisd.cn

XIAO Xiaoxi Assistant Researcher from Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS). In 2014, she graduated from the University of Chinese Academy of Sciences and obtained a doctor's degree in management science and engineering. Her main research fields cover science and technology management and evaluation. In recent years, she has mainly undertaken research funds from CAS, National Natural Science Foundation of China (NSFC), and published more than 10 academic papers in domestic core journals focusing on science and technology evaluation, science and technology policy and other topics. E-mail: xiaoxiaoxi@casisd.cn

■责任编辑：文彦杰

* Corresponding author

参考文献（双语版）

1 MIT. The Third Revolution: the Convergence of the Life Sciences, Physical Sciences and Engineering (White Paper). Washington DC: MIT Office. 2011.

2 Koch Institute. Koch Institute for Intergrative Cancer Research at MIT—Approach. [2019-12-18]. https://ki.mit.edu/approach.

3 Koch Institute. Jacks T.Convergence, Cancer Research and the Koch Institute Experience at MIT—Workshop on Science Team Dynamics and Effectiveness. [2019-12-18]. http://www.tvworldwide.com/events/nas/130701.

4 Leonardi K. Cerebral curiosity. [2019-12-18]. http://news.mit.edu/2015/student-profile-steven-keating-0401.

5 NIH. NIH Public Access Policy Details. [2019-12-18]. http://publicaccess.nih.gov/policy.htm.

6 NIH. NIH Data Sharing Policies. [2019-12-18]. https://www.nlm.nih.gov/NIHbmic/nih_data_sharing_policies.html.

7 NIH. NIH Data Sharing Policy and Implementation Guidance. [2019-12-18].https://grants.nih.gov/grants/policy/data_sharing/data_sharing_guidance.htm.

8 NIH. Policy for Sharing of Data Obtained in NIH Supported or Conducted Genome-Wide Association Studies (GWAS). [2019-12-18]. https://grants.nih.gov/grants/guide/notice-files/NOT-OD-07-088.html.

9 NIH. Implementation of the NIH Genomic Data Sharing Policy for NIH Grant Applications and Awards. [2019-12-18]. https://grants.nih.gov/grants/guide/notice-files/NOT-OD-14-111.html.

10 NIH. Requirement for ORCID IDs for Individuals Supported by Research Training, Fellowship, Research Education, and Career Development Awards Beginning in FY 2020. [2019-12-18]. https://grants.nih.gov/grants/guide/notice-files/NOT-OD-19-109.html.

11 Toker U, Gray D O. Innovation spaces: Workspace planning and innovation in US university research centers. Research Policy, 2008, 37(2): 309-329.